

**DIE COMPUTERISIERTE MITTELLINIEN -
BESTIMMUNG BEI DER ULTRASCHALLUNTER-
SUCHUNG DES GEHIRNS**

von

Karl-Heinz Hartmann

aus

Oberhausen

1977 № 252



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Neurochirurgischen Klinik
der Universität Erlangen - Nürnberg
Direktor: Professor Dr. W. Schiefer

DIE COMPUTERISIERTE MITTELLINIEN- BESTIMMUNG BEI DER ULTRASCHALLUNTER- SUCHUNG DES GEHIRNS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



vorgelegt
von
Karl-Heinz Hartmann
aus
Oberhausen

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer
Referent: Prof. Dr. W. Schiefer

Tag der mündlichen Prüfung: 23. 6. 1977

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Allgemeines über die diagnostische Anwendung des Ultraschalls in der Neurologie und Neurochirurgie	S. 1
2.	Grenzen und Fehlermöglichkeiten der Methoden	S. 5
3.	Beschreibung des Midliners	S. 10
4.	Eigene Untersuchungen	S. 16
4.1.	Beschreibung des Krankenguts	S. 16
4.2.	Untersuchungsmodus	S. 18
4.3.	Ergebnisse	S. 19
4.3.1.	Vergleich der Midliner-Untersuchungen mit dem A-scan	S. 19
4.3.1.1.	Erste Untersuchungsserie	S. 19
4.3.1.2.	Zweite Untersuchungsserie	S. 20
4.3.1.3.	Gesamtwertung	S. 21
4.3.2.	Vergleich der Midliner-Untersuchungen mit neuroradiologischen Befunden	S. 23
5.	Fehlermöglichkeiten	S. 25
6.	Diskussion	S. 30
7.	Zusammenfassung	S. 36
8.	Literaturverzeichnis	S. 37

1. ALLGEMEINES ÜBER DIE DIAGNOSTISCHE ANWENDUNG DES ULTRASCHALLS IN DER NEUROLOGIE UND NEUROCHIRURGIE

Im Gegensatz zu einer Röntgenkontrastmitteluntersuchung, der Electroencephalographie und der Szintigraphie ist die Anwendung des Ultraschalls eine Screening-Methode, die im Vorfeld der klinischen Diagnostik ohne besondere Belästigung oder Schaden für den Patienten beliebig oft auf der Suche nach intracraniellen Erkrankungen, sowie bei der Beurteilung von Schädel-Hirn-Traumen eingesetzt werden kann.

Auf die Anwendbarkeit eines Ultraschall - Durchstrahlungsverfahrens auch am menschlichen Schädel kam man über die Werkstoffprüfung, bei der mit Hilfe von Ultraschall Materialproben auf eingeschlossene Lunker und Fehlstellen untersucht wurden.

Hierbei wird ein ebenes Schallstrahlenbündel von einem Schallgeber erzeugt, durch das Untersuchungsmaterial geschickt und an der gegenüberliegenden Begrenzungsfläche mittels eines Schallempfängers aufgenommen. Wie man sich so ein Bild vom Werkstoffinneren machen konnte, versuchte man auch, die Strukturen innerhalb der Schädelkapsel mit Hilfe von Ultraschall darzustellen.

1937 glaubte DUSSIK ein Durchschallungsverfahren gefunden zu haben, bei dem durch rasterförmige Abtastung des seitlichen Schädels ein Bild aufgezeichnet werden konnte, das wie ein Röntgenbild eines luftgefüllten Ventrikelsystems aussah.

GÜTTNER und Mitarb. wiesen aber 1951 nach, daß dieses Bild auf Grund von Dickenschwankungen des Schädelknochens hervorgerufen wurde.

Mit Hilfe eines Impulsreflexionsverfahrens wurde am Anfang der fünfziger Jahre in Amerika und Japan versucht, an freiliegenden Gehirnen durch Ultraschall Hirntumoren zu lokalisieren. LEKSELL benutzte 1953 als erster das in der Industrie zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung gebräuchliche Impuls-Echoverfahren am intakten Schädel zu diagnostischen Zwecken. Er baute die neue Methode aus und prägte den Namen "Echoencephalographie".

Zuerst sollen hier kurz die physikalischen Grundlagen skizziert werden. Der Ultraschall hat mit steigender Frequenz die Eigenschaft, sich wie ein Lichtstrahl geradlinig auszubreiten

und immer weniger zu streuen. Bei Übertritt von einem Medium in ein anderes wird an der Grenzfläche ein Teil der Ultraschallenergie reflektiert. Das Ausmaß der Reflexion hängt vom Verhältnis der Dichte und Schalleitungsgeschwindigkeit (akustische Impedanz) der beiden Medien ab.

Bei Anwendung des Impuls-Echo-Verfahrens am Schädel interessieren vor allem die akustischen Wellenwiderstände von Knochen, Hirngewebe, Liquor, Tumoren, Verkalkungen, Zystenflüssigkeit und Blutansammlungen. Trotz der teilweise nur geringen Unterschiede ist es bei der heutigen Verstärkertechnik möglich, auch von diesen Strukturen Reflexionen aufzufangen, wenn der ausgesandte Ultraschall die Grenzflächen weitgehend senkrecht trifft, und die Untersuchung im Bereich der relativ dünnen Temporalschuppe erfolgt (SCHIEFER u. KAZNER 1966).

Zur Erzeugung des Ultraschalls dient z. B. das Impulsschallgerät nach KRAUTKRÄMER. Das Gerät arbeitet mit einem Prüfkopf, der einen piezoelektrischen Kristall (Bariumtitanat) enthält. Als Piezoelektrizität bezeichnet man die Eigenschaft eines Kristalls, elektromagnetische Wellen in Schallwellen und umgekehrt Schallwellen in elektromagnetische umwandeln zu können. Der Prüfkopf kann also gleichzeitig als Sender und Empfänger dienen. Frequenzen von 1 - 6 MHz sind für die Beschallung des Schädels zweckmäßig, doch wird meist mit einem 2-MHz-Prüfkopf von 15 mm Durchmesser gearbeitet. Die maximale Schallintensität beträgt 5 mW/cm^2 und liegt damit weit unter der Schädigungsschwelle. Die reflektierten Ultraschallenergiemengen, die sogenannten Echos, werden auf dem Bildschirm einer BRAUNschen Röhre als senkrechte Auslenkungen des Kathodenstrahls sichtbar gemacht. Die Laufzeit des Ultraschalls entspricht einer bestimmten Wegstrecke auf dem Bildschirm. Dabei sind die Echos gleicher Grenzflächen im Schädel immer an der gleichen Stelle auf dem Bildschirm zu registrieren, und die Entfernung des Echos vom Nullpunkt der Skala entspricht der Entfernung der reflektierenden Strukturen vom Prüfkopf. Nach Eichung der Skala in Zentimeter Gewebe ist damit eine genaue Lokalisation jeder Reflexion sofort möglich.

Bei der Bildanzeige unterscheidet man Amplituden-modulierte Verfahren (eindimensionale oder A-scan-Technik), die nach oben beschriebenem Prinzip funktioniert, und Helligkeits-modulierte

Verfahren (zweidimensionale oder B-scan-Technik). Während bei der A-scan-Technik die Amplitude der einzelnen Echozacken der zum Prüfkopf zurückkehrenden Schallenergie entspricht, erscheint bei der B-scan-Technik an Stelle der Zackenkurve eine Lichtpunktzeile. Die Größe bzw. Helligkeit der einzelnen Lichtpunkte entspricht der reflektierten Ultraschallenergiemenge. Ein zweidimensionales Ultraschallbild setzt sich aus zahlreichen derartigen Lichtpunktzeilen zusammen, die durch die Bewegungen des Prüfkopfes in einer bestimmten Abtastebene bestehen und den Eindruck eines Schnittbildes des untersuchten Körperabschnittes vermitteln, etwa vergleichbar mit einem anatomischen Querschnitt.

In den letzten 20 Jahren wurden zahlreiche Abtast-Techniken entwickelt, um bestimmte Körperpartien oder -organe mit einer Ultraschallsonde abzutasten und eine zweidimensionale Aufzeichnung der Untersuchungsergebnisse zu ermöglichen. Die einfachste Möglichkeit besteht in der linearen Abtastung (linear scanning), bei der der Prüfkopf während des Untersuchungsvorganges entlang einer Strecke geführt wird, die im Idealfall gerade sein soll. Die zweite Grundform der Untersuchungstechniken stellt die kreisförmige Abtastung (circular scanning) dar. Dabei befindet sich das Untersuchungsobjekt im Mittelpunkt des Kreises, den der Prüfkopf während der Prozedur beschreibt. Die dritte Möglichkeit bildet die sektorförmige Abtastung (sector-scanning). Hierbei bleibt der Prüfkopf an einem bestimmten Punkt des Untersuchungsobjektes und wird in einer Ebene hin- und hergeschwenkt. Keines der aufgezählten Verfahren ist für die Anwendung am Schädel ideal. Die Ausnutzung aller vorhandenen Möglichkeiten gestattet die zusammengesetzte Abtastmethode (compound-scanning), die alle Grundformen der Abtastbewegung in sich vereinigt.

Seit 1969 benutzt KAZNER ein Ultraschallschnittbildgerät, das mit einem Speicherschirm ausgestattet und zur Compound-Scanning-Technik verwendbar ist. Es enthält ein zweites Oszilloskop für die gleichzeitige A-Bild-Anzeige. Der Prüfkopf befindet sich am Ende eines Schwenkarmes, der alle in einer Ebene möglichen Bewegungen zuläßt. Während der Ableitung, d.h. während der Prüfkopf in einer bestimmten Schnittebene um den Kopf herumbewegt wird, erscheint auf dem Speicherschirm sukzessive das B-Bild, auf dem zweiten Oszilloskop stets das augenblickliche eindimensionale Bild. Die Kontrolle durch dieses A-Bild bietet die Möglichkeit, die für den Compound-Scan günstigste Abtastebene rasch herauszufinden. Außerdem gestattet das A-Bild die für das Zustandekommen des B-Bildes maßgebenden Parameter wie Verstärkung, Schwellwert und Tiefenausgleich bereits vor dem Abtastvorgang optimal einzustellen. Andererseits gewährleistet das verzerrungsarme B-Bild immer eine ausreichende räumliche Orientierung, die die Zuordnung der Echos im A-Bild erleichtert. So ergänzen sich beide Methoden fortlaufend (KAZNER 1972).

Sowohl die A-Bild- wie auch die B-Bild-Technik setzen für eine eindeutige Beurteilbarkeit Erfahrung und Routine des jeweiligen

Untersuchers voraus, da es dessen subjektiver Entscheidungskraft obliegt, die ein- bzw. zweidimensionalen Strukturen auf dem Oszillographenschirm zu deuten.

In den letzten Jahren wurde zur Erkennung intracranieller Affektionen wie auch Krankheiten anderer Organe die Computer-Tomographie in die medizinische Diagnostik eingeführt. Diese Methode gestattet ein Auflösungsvermögen im Millimeter-Bereich bei der Verifizierung intrakranieller Strukturen. Jedoch wurde die Ultraschall-Diagnostik des Schädels dadurch nicht völlig verdrängt. Die Vorteile der Echoencephalographie als Screening-Methode im Vergleich zur Computer-Tomographie sind in den folgenden Punkten zu sehen: Die Geräte sind preiswert in der Anschaffung und im Betrieb, sie sind mobil einsetzbar und auch bei unruhigen Patienten ohne Narkose anwendbar.

2. GRENZEN UND FEHLERMÖGLICHKEITEN DER METHODEN

Um sich ein objektives Bild von der Wertigkeit des Mittelliniencomputers machen zu können, müssen zunächst die Grenzen und Fehlermöglichkeiten der A- und B-Bild-Technik kurz erörtert werden.

Anfanglich glaubte man, daß sich mit der A-Bild-Methode nur die Mittelstrukturen durch das hauptsächlich von der Epiphyse hervorgerufene Mittelecho beurteilen ließe, doch es wurde nachgewiesen, daß auch Ventrikelwände, Hämatomgrenzflächen, Zystenwände und Tumoren sowie Verkalkungen Reflexionen verursachen, die diagnostisch verwertbar sind (SCHIEFER et al. 1963).

Die Schwierigkeiten der Methode, die jeder Arzt bereits innerhalb der ersten Übungsstunden kennenlernt, bestehen hauptsächlich darin, daß es bei der Vielzahl der im A-Bild vorhandenen Reflexionen oft nicht möglich ist, die einzelnen Echos den dazugehörigen intracraniellen Strukturen zuzuordnen. Es wurden zwar zahlreiche Kriterien für die Erkennung bestimmter Echos herausgestellt; dies konnte und kann auch in der Zukunft aber nicht verhindern, daß doch immer wieder Fehlinterpretationen unterlaufen. Je differenzierter die Auswertung der Zackenkurve erfolgt, um so größer werden auch die Deutungsschwierigkeiten (KAZNER 1972).

Die Aussagemöglichkeiten der eindimensionalen bitemporalen Echoencephalographie in ihrer heutigen Form beschränken sich auf die Feststellung von Massenverschiebungen und Ventrikelerweiterungen, in einzelnen Fällen gelingt ein direkter Tumornachweis. Posttraumatische Blutungen können in 2/3 der Fälle an Hand besonderer Reflexionen direkt erfaßt und diagnostiziert werden.

Für die Beurteilung eines Echobefundes ist es erforderlich, daß der untersuchende Arzt auch Vorgeschichte und klinischen Befund des Patienten kennt, da nur dann eine Reflexion richtig gedeutet werden kann. Alleine vom Ultraschallbild her ist nicht immer zu sagen, ob die seitliche Reflexion vor dem Endecho etwa vom erweiterten Temporalhorn, von Hämatomen, von einem imprimierten Knochenstück, einem Tumor, einer Verkalkung oder

von einem Hirnabszeß stammt. Hier enden von den physikalischen Voraussetzungen her die Aussagemöglichkeiten der Echencephalographie. Wird hier falsch interpretiert, so ist dies kein Fehler, der der Methode zur Last gelegt werden kann, sondern eine Überforderung des Untersuchungsverfahrens.

Bei einer Mittelechoverlagerung genügt es nicht, nur den Abstand vom Prüfkopf zum Mittelecho zu messen, sondern man muß auch die beiden Mittelecho-Endecho-Abstände vergleichen. Eine Verschiebung des Endechos kann nämlich zu einer Verlagerung der Mittellinienreflexionen führen, ohne daß eine Massenverschiebung besteht. Dies ist z.B. der Fall bei einer unterschiedlichen Knochendicke auf beiden Seiten oder unterschiedlichen Dicke der Galea auf der Seite des längeren Mittelecho-Endechoabstandes. Bei einseitigem subgalealem Hämatom oder bei einer galealen Schwellung nach einem Trauma kann dies die Ursache der Falschmessung sein.

Oft werden auch bei einem subgalealen Hämatom auf dem Oszillographenschirm mehrere Zacken sichtbar, da der Ultraschall im Hämatom zwischen Prüfkopf und Knochen hin- und herreflektiert wird, was eine Beurteilung von der traumatisierten Seite aus unmöglich macht.

Seltener besteht ein subgaleales Hämatom auf der einen und eine intracranielle Raumforderung auf der anderen Seite, was ein unterschiedliches Endecho bei normalem oder nur leicht verlagertem Mittelecho zur Folge hat. Auch hier klärt der Vergleich der beiden Mittel-Endechodistanzen die intracranielle Situation.

Bei der Kombination subgaleales Hämatom und raumfordernde Blutung auf der selben Seite kann eine größere Massenverschiebung angezeigt werden als tatsächlich besteht, und zwar durch das subgaleale Hämatom, wenn nur der Abstand Prüfkopf-Mittelecho gemessen wird. Die in Wirklichkeit bestehende Mittellinienverschiebung kann in diesem Fall durch Halbierung des Abstandes beider Endechos errechnet werden.

Neben diesen außerhalb des Schädels liegenden Faktoren kommen vor allem auch Fehlmessungen durch mittelliniennahe intracranielle Prozesse zustande. So kann in vielen Fällen das Mittelecho mit einem von der Ventrikelwand entstandenen Echo verwechselt werden. Besteht z.B. eine Ventrikelerweiterung, und wird von beiden Seiten dieselbe Ventrikelwand geortet, dann wird eine Massenverschiebung vorgetäuscht, die dem halben Ventrikeldurchmesser entspricht.

Eine geringere Mittelechoverlagerung kann irrtümlich angenommen werden, wenn von einer Seite das tatsächliche Mittelecho zur Beurteilung kommt und von der anderen eine Ventrikel-Seitenwand. Bei zu hohem Ansetzen des Prüfkopfes über dem Ohr kann das von der Falx kommende Echo als ein normalliegendes Mittelecho gedeutet werden und unter Umständen zu einer Falschmessung führen.

Führt ein Tumor oder ein Hämatom zu einer Verlagerung der Seitenventrikel, so werden gelegentlich hohe Reflexionen im Mittellinienbereich gefunden. Sie kommen von Teilen der Seitenventrikel und sind vom echten Mittelecho schwer zu unterscheiden.

Bei Mittellinienprozessen gestaltet sich die Interpretation

des Echogramms schwierig, da es miunter unmöglich ist, bei den multiplen Reflexionen eine einzelne zu identifizieren. Die Schädel dicke, die meist im Alter zunimmt, und eine Mittellinienverlagerung sind die häufigsten Gründe, keinen 3. Ventrikel bestimmen zu können. Auch das Mittelecho und eine Ventrikelwand können irrtümlich als Wände des 3. Ventrikels gewertet werden. Außerdem hängt die gemessene Weite des 3. Ventrikels auch noch vom Ansatz des Prüfkopfes ab, so daß das Doppelecho nicht überall den gleichen Abstand hat (SCHIEFER 1974). Tabelle 1 soll verdeutlichen, daß bei der A-scan-Echoencephalographie Erfahrung und Übung zwei ganz entscheidende Faktoren darstellen. Sie enthält Untersuchungsergebnisse aus 19 Publikationen 15 verschiedener Autoren.

Autor	Jahr	Anzahl der Fälle	M-Echo verlagert		M-Echo normal		Echo-EG nicht verwertbar	Gesamt- fehler in %
			richtig / falsch		richtig/falsch			
DE Vlieger u. Ritter	1959	47	21	-	24	2	-	4
JEFFERSON	1959	50	14	3	28	5	-	16
JEPPSSON	1960	262	91	1	168	2	-	1
LITHANDER	1960	150	57	-	93	-	-	-
JEPPSSON	1961	432	189	2	231	10	-	2,8
LITHANDER	1961	373	121	7	227	9	9	6,7
TAYLOR, NEWELL u. KARVOUNIS	1961	278	86	1	162	17	12	11
JEFFERSON	1962	229	60	7	146	13	3	10
FORD u. AMBROSE	1963	867	297	24	517	29	-	6,2
SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER	1963	520	126	1	391	-	2	1
FRIEDMANN u. THUN	1964	67	62	-	-	5	-	7,5
BARROWS, DYCK u. KURZE	1965	159	42	1	108	8	-	5
BRINKER, KING u. TAVERAS	1965	287	51	7	228	1	-	2,8
KESSLER	1965	103	23	3	75	2	-	4,8
LA PAYOWKER u. CHRISTEN	1965	358	44	7	302	5	-	3,4
JEFFERSON u. HILL	1966	100	92	-	-	5	3	8
SCHIEFER u. KAZNER	1966	1603	382	6	1199	1	15	1,4
WHITE	1966	310	11	4	268	-	27	10
FISCHER, REVOL, MUNIER et al.	1967	1000	244	4	741	8	3	1,5

Tab. 1. Zuverlässigkeit der Mittellinienbestimmung durch die eindimensionale Echoencephalographie bei mittelständigem und verlagertem Ventrikelsystem (aus: SCHIEFER et al. 1968)

Die Schwierigkeit, die vielen Echos bei der A-Bild-Technik bestimmten intracraniellen Strukturen korrekt zuzuordnen, ließ schon lange eine zweidimensionale Darstellung echoencephalographischer Befunde wünschenswert erscheinen, da man sich hiervon eine vereinfachte Lesbarkeit der Bilder und gleichzeitig mehr Objektivität der Befunde versprach.

Bei den oben angeführten Abtasttechniken (linear-scanning, circular-scanning, sector-scanning und compound-scanning) wurden zufriedenstellende Resultate bei Kindern nur unter Verwendung der Compound-Scanning-Technik erzielt (DE Vlieger 1968, 1969), während die Ergebnisse der linearen Abtasttechnik (GALICICH et al. 1965) eine zu starke Verzerrung aufweisen.

GALICICH und WILLIAMS stellten 1971 ein Gerät vor, das ohne vorangehende Einübungszeit ein eindeutiges Urteil über die Mittellinienstrukturen geben soll. Es handelt sich um einen automatisierten Mittelliniencomputer. Das Gerät soll mit Hilfe einer eigenen Meßreihe mit dem eindimensionalen A-scan-Echoencephalographen verglichen und auf seine Zuverlässigkeit hin geprüft werden. Die ermittelten Ergebnisse sollen denen anderer Autoren gegenübergestellt werden.

3. BESCHREIBUNG DES MIDLINERS

Anlaß zur Suche nach einer Standardisierung der Mittellinienbestimmung war für GALICICH, WILLIAMS und für die Gruppe um WHITE eine gewisse Einschränkung der Anwendung und Aussagefähigkeit eines A-scan-Echoencephalographen durch die Faktoren Übung und Erfahrung. Zeigte es sich doch, daß vor allem der Anfänger Schwierigkeiten mit dieser Methode hat, was zumindestens die Eindeutigkeit und Zuverlässigkeit seiner Messungen betrifft. Betrachtet man die Fehlerraten verschiedener Autoren, so kann man sehen, daß mit steigender Anzahl der Untersuchungen der Prozentsatz der Fehlmessungen abnimmt. SCHIEFER et al. fanden 1968 in großen Untersuchungsserien eine Zuverlässigkeit von 99,5% bei der Bestimmung des Mittelechos, und so wurde berechtigterweise die Forderung aufgestellt, die Echo-Encephalographie nur in den Händen des Arztes zu lassen, der über ausreichende Erfahrung und Übung verfügt und der aufgrund seiner Kenntnisse über anatomische und pathologische Verhältnisse des Schädels das auf dem Oszillographenschirm erscheinende Echobild eindeutig interpretieren kann.

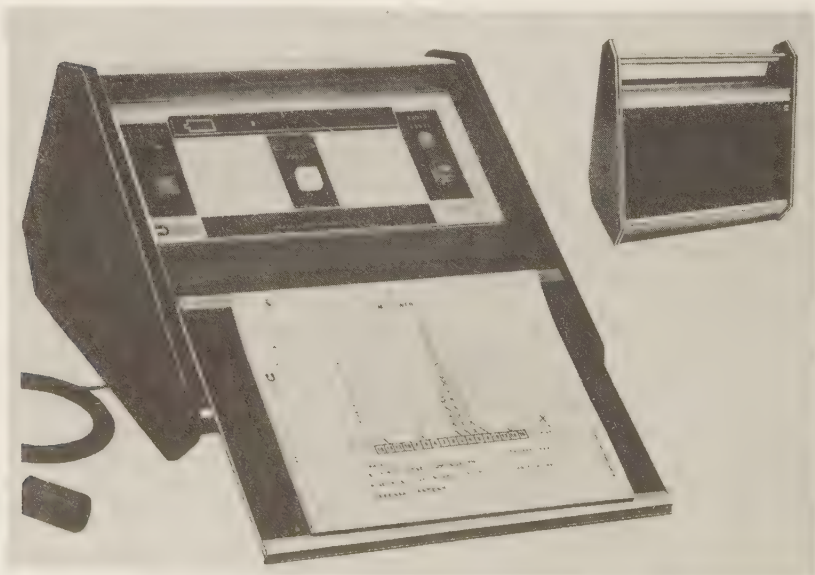


Abb. 1. Ansicht des ML-1 Midliners.

Durch die Notwendigkeit der Anwendung der Echoencephalographie, vor allem im peripheren Krankenhaus bzw. Praxis in der Beurteilung von Schädel-Hirn-Traumen einerseits und dem eingeschränkten Untersucherkreis auf der anderen Seite sahen sich GALICICH u. WILLIAMS veranlaßt, ein Gerät zu finden, das der Methode eine größere Objektivität verleiht.

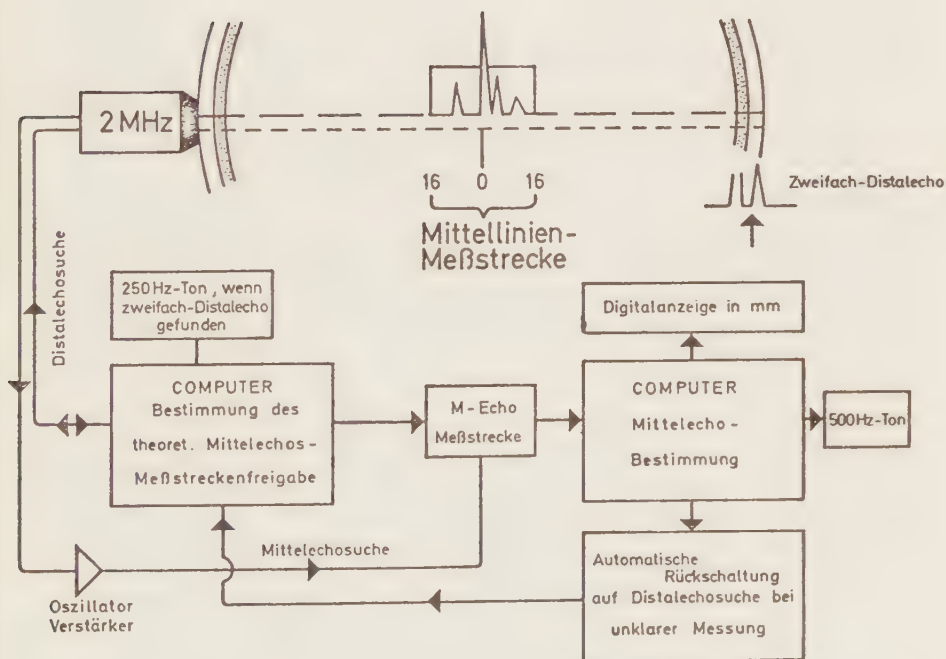


Abb. 2. Blockschaltbild des Funktionsprinzips der automatischen Mittellinienbestimmung.

Wie aus Abb. 1. zu ersehen ist, handelt es sich bei dem Midliner um ein tragbares Gerät, das mit den Abmessungen 40 cm x 25 cm x 40 cm (H x B x T) und einem Gewicht von 10 kg leicht transportierbar ist und somit in der Unfall-Ambulanz wie auch im stationären Betrieb am Krankenbett ohne Schwierigkeiten eingesetzt werden kann. Nach Öffnen der Frontklappe, die gleichzeitig als Schreibunterlage für den Histogrammblock dient, und Anschluß an das Stromnetz ist der Midliner betriebsfertig. Der bei den üblichen A-scan-Echoencephalographen gewohnte Oscillographenschirm ist hier durch eine Digital-Leuchtskala ersetzt. Diese Skala ist in 2 mm-Abstände unterteilt und umfaßt insgesamt 32 mm, jeweils 16 mm nach links und nach rechts von der Zahl 0, die einem mittelständigen Mittelecho entspricht. Unter der Skala befindet sich ein Wahlschalter, der nach links oder rechts geschoben werden muß, je nachdem, ob die Beschallung von der linken oder rechten Seite des Schädels erfolgt. Das Funktionsprinzip des Midliners soll durch Abb. 2. erläutert werden.

Ein 2 MHz-Prüfkopf mit einer Pulswiederholungsrate von 500 Hz wird in dem haarfreien Gebiet oberhalb des Ohransatzes angelegt, wobei unter Verwendung eines Kopplungsmaterials z.B. eines Gelles auf einwandfreien Kontakt des Prüfkopfes mit der Haut zu achten ist. Nur unter dieser Voraussetzung kann mit einer erfolgreichen Messung gerechnet werden, da bei nicht sicherem Kontakt an den Grenzflächen Prüfkopf-Luft und Luft-Haut das Ultraschall-Bündel zu stark reflektiert werden würde. Der Computer sucht nun das Zweifach-Distalecho, das von der gegenüberliegenden Schadelinnenseite und der Grenzfläche Haut-Luft hervorgerufen wird und errechnet daraufhin den Schädeldurchmesser des betreffenden Patienten. Bei Auffinden des Zweifach-Distalechos wird ein 250 Hz-Ton hörbar. Ebenso errechnet er automatisch die mathematisch normale Lage der Schadelmittellinie, also die Hälfte der Entfernung Prüfkopf-Distalecho. Nun gibt der Computer die Mittellinienmeßschaltung frei, d.h. er öffnet das sogenannte Mitteltor für die Suche nach dem Mittelecho. Die 32 mm betragende Mittellinienmeßstrecke reicht für die Praxis vollends aus, da dieser Bereich jede mögliche Verschiebung beinhaltet. So ist aus der Literatur bekannt, daß der Patient bei einer Mittellinienverschiebung von über 10 mm bereits bewußtlos ist. In diesem Mittellinienmeßbereich werden die einzelnen Echos vom Computer analysiert und das sogenannte Mittelecho, dessen Amplitude am größten ist, gesucht. Sobald dieses Echo gefunden ist, leuchtet auf der Digitalanzeige eine Zahl auf, die dessen Position angibt. Bei regelrechter Lage der Mittelstrukturen des Gehirns würde die Zahl 0 aufleuchten, da in diesem Fall tatsächlich und vom Computer errechnetes Mittelecho an gleicher Stelle liegen. Bei einer Verlagerung z.B. aufgrund von intracranialen Prozessen wird diejenige Zahl angezeigt, die die Verschiebung der Mittellinie nach links bzw. nach rechts angibt. Handelt es sich um eine Verlagerung z.B. um 4 mm von links nach rechts, so leuchtet die Zahl 4 auf der rechten Seite auf. Bei einer Verlagerung, die einer ungeraden Zahl gleichkommt, die also zwischen den beiden geraden liegt, z.B. 5, so leuchten die daneben liegenden Werte, in diesem Fall 4 und 6 etwa gleich häufig auf.

Mit dem Aufleuchten des ermittelten Mittelechos verstummt der 250 Hz-Ton und ein 500 Hz-Ton zeigt dem Untersucher an, daß das Mittelecho gefunden wurde. Sollte der Computer kein Mittelecho in dem Meßbereich registriert haben, oder treten mehrere etwa

gleich starke Echos auf, so wird die Suche neu eingeleitet, und der Computer beginnt von neuem mit der Ortung nach dem Zweifach-distalecho. Nach erfolgreicher Messung trägt der Untersucher die gefundene Zahl in ein Histogramm ein, z.B. mit einem X, wenn die Messung von der rechten Schädelseite und mit einem O, wenn sie von der linken erfolgt.

Um einen neuen Meßzyklus einzuleiten drückt der Untersucher auf den bei vorangegangener erfolgreicher Messung aufleuchtenden Reset-, d.h. Wiederholungsknopf, und der Computer beginnt wieder mit der Suche nach dem Zweifach-Distalecho. Die Messungen können beendet werden, wenn sich von beiden Seiten eine eindeutige Säule auf dem Histogramm ergibt. In Einzelfällen werden dazu 40 und mehr Einzelmessungen nötig sein.

Vor Beginn der Beschallung kann der Untersucher mit einem Schalter zwischen 4 verschiedenen Intensitätsstufen des Ultraschalls wählen. Handelt es sich bei dem Patienten um ein Kind, so wird er mit der niedrigsten Stufe 1 arbeiten, mit zunehmendem Alter und Kalottendicke werden dann entsprechend höhere Stufen eingesetzt.

Das fertig ausgefüllte Datenblatt wurde von GALICICH u. WILLIAMS Histogramm genannt. Diese Bezeichnung soll übernommen werden, um es von dem konventionellen Echoencephalogramm oder Echogramm zu unterscheiden.

Der Zeitaufwand für die Midliner-Untersuchung ist von der Zahl der erforderlichen Einzelmessungen abhängig, die durchgeführt werden müssen, bis entweder eine Säule ein Maximum erreicht hat, oder ein nicht interpretierbares Histogramm entstanden ist. Demnach kann die Dauer der Untersuchung zwischen 4 Minuten und in schwierigen Fällen 30 Minuten schwanken. Kann sie aber mit zwei Personen durchgeführt werden, so läßt sich der Zeitaufwand erheblich reduzieren, in dem die eine den Prüfkopf am Schädel des Patienten führt, während die andere den Midliner bedient und die auf der Digitalanzeige aufleuchtenden Zahlen auf dem Datenblatt notiert.

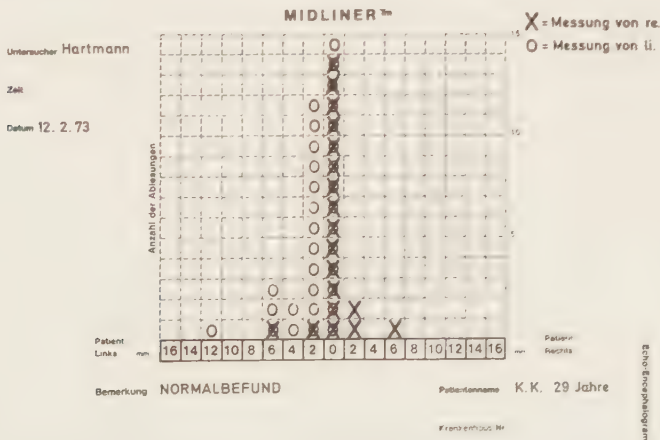


Abb. 3. Normales Histogramm bei einem mittelständigen Ventrikelsystem

Durch eine hohe Anzahl von Meßwerten ergibt sich ein statistisch signifikanter Mittelrechwert. Abb. 3 zeigt ein normales mittelständiges Histogramm bei einem Patienten ohne intracranielle Massenverschiebung. Im Gegensatz dazu kann man in Abb. 4 eine eindeutige Verlagerung des Mittelechos von rechts nach links erkennen mit einer Verschiebung der Mittelstrukturen von 9 mm bei einem Patienten mit einem Glioblastom rechts frontal. Dieser Befund stimmt mit dem Ergebnis des A-scan-Echogramms und der Lage der inneren Venen im Carotisangiogramm überein.

Konzipiert ist der Midliner für das Krankenhaus bzw. die Praxis in der Peripherie, da es bei den immer mehr zunehmenden Schädel-Hirn-Traumen von größter Wichtigkeit ist, daß sich auch der in Ultraschall-Untersuchungen mit dem A-scan-Echographen weniger geübte Arzt oder medizinisches Hilfspersonal schnell ein objektives Bild von den Mittellinienstrukturen des Patienten machen kann. Dadurch könnten lange Anfahrtswege gespart oder im Notfall eine lebensrettende Trepanation durchgeführt werden.

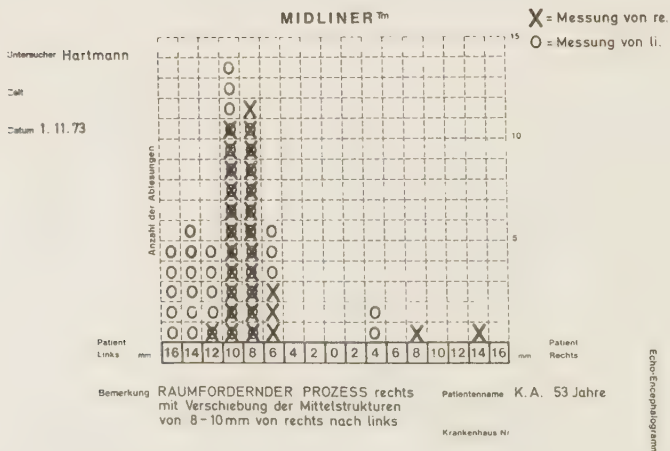


Abb. 4. Pathologisches Histogramm mit einer Verlagerung der Mittelstrukturen um 8-10 mm von rechts nach links bei einem Patienten mit einem Glioblastom im rechten Schläfenlappen

Die dieser Arbeit zugrundeliegende Vergleichsstudie wurde durchgeführt, um zu überprüfen, inwieweit die von GALICICH und WILLIAMS gestellten Forderungen, nämlich Anwendbarkeit durch weniger geübtes Personal, Ausschluß der subjektiven Entscheidung und statistische Sicherheit durch mehrere Einzelmessungen, durch den Midliner erfüllt werden.

4. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

4.1. Beschreibung des Krankenguts

Bei den 500 untersuchten Patienten handelt es sich um ein ausschließlich neurochirurgisch orientiertes Krankengut, das zur ambulanten oder stationären Untersuchung in die Neurochirurgische Universitätsklinik Erlangen-Nürnberg kam. 296 Patienten, das sind 59,2 %, waren männlichen, 204 Patienten, das sind 40,8 %, waren weiblichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter aller 500 Patienten lag bei 40,86 Jahren. Der jüngste Patient war 18 Monate, der älteste 87 Jahre. Abb. 5. zeigt die Altersverteilung der Untersuchten.

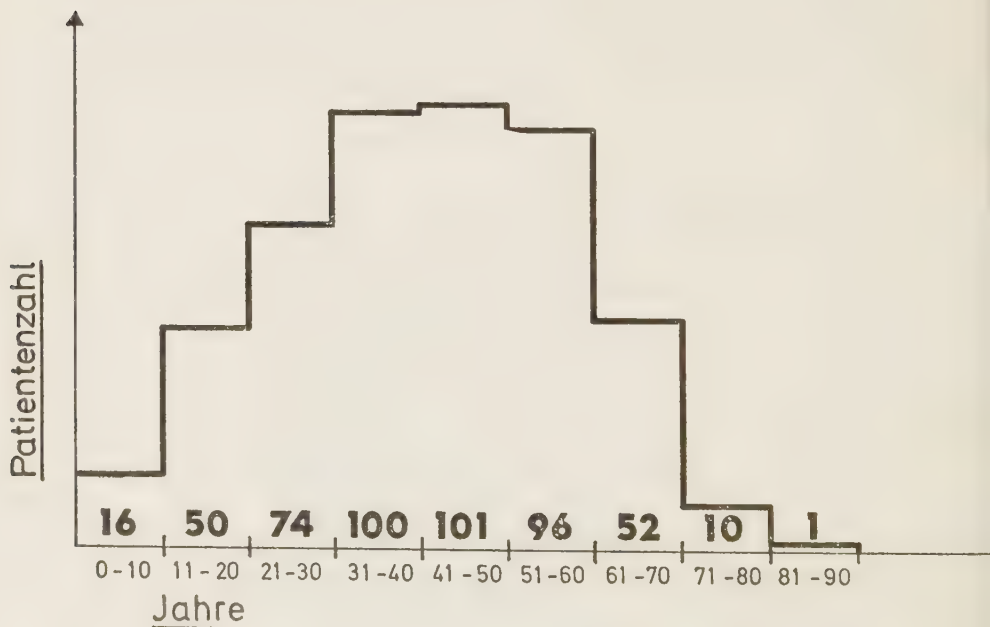


Abb. 5. Prozentuale Altersverteilung des untersuchten Krankenguts

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über 18 Monate vom 6.1.1973 bis zum 27.6.1974.

Eine Übersicht über die verschiedenen Diagnosen der untersuchten Patienten gibt die Tab. 2. .

Hirntumoren	216
Schädel - Hirn - Traumen	85
intracerebrale Prozesse anderer Genese	38
Gefäßprozesse	44
Normalkontrollen	117
	500

Tab. 2. Die verschiedenen Diagnosen des untersuchten Krankenguts

Die Gruppe der Normalkontrollen bezieht sich auf Personen, die ein mittelständiges Ventrikelsystem erwarten ließen, so z. B. Patienten mit einer Diskushernie oder einer intraspinalen Raumforderung. In einem Fall wurde hierbei eine Verlagerung gefunden, die mit dem A-scan-Echoencephalographen bestätigt werden konnte.

4.2. Untersuchungsmodus

Die Untersuchung erfolgte zunächst mit dem Midliner von einem unerfahrenen Untersucher. Um einer Beeinflussung durch diese Person vorzubeugen, erhielt er zunächst keine Information über die Erkrankung des Patienten. Anschließend wurde die Messung mit dem A-scan-Echoencephalographen kontrolliert, und zwar von einem erfahrenen Untersucher. Bei einem hohen Prozentsatz von Fällen erfolgte ein zusätzlicher Vergleich des Ergebnisses der Midliner-Untersuchung mit neuroradiologischen Kontrastmittelverfahren, z. B. Carotisangiographie und Pneumencephalogramm bzw. Ventrikeldarstellung mit positiven Kontrastmitteln.

1. Serie	Patientenzahl	Midliner			A-scan		Übereinstimmung
		mittel- ständig	verlagert	nicht verwertbar	mittel- ständig	verlagert	
Tumoren und intracerebrale Prozesse	68	20	30	18	26	42	41 (60,2%)
Schädel-Hirn-Traumen	20	4	6	10	8	12	10 (50 %)
Gefäßprozesse	12	7	2	3	9	3	9 (75 %)
Normalkontrollen	50	46	1	3	49	1	47 (94 %)
	150	77	39	34	92	58	107 (71 %)

Tab. 3. Vergleich von Midliner- und A-scan-Echoencephalographie bei der ersten Untersuchungsserie

4.3. Ergebnisse

4.3.1. Vergleich der Midliner-Untersuchungen mit dem A-scan

In der Zeit vom 6.1.1973 bis zum 11.11.1973 wurden 150 Messungen durchgeführt. Dabei ergaben sich die im folgenden aufgeführten Ergebnisse.

4.3.1.1. Erste Untersuchungsserie

Die Resultate der ersten 150 Untersuchungen sind nach den Diagnosen geordnet in der Tab. 3. aufgelistet.

Wie aus der Tab. 3. ersichtlich, gab der Midliner 77 mal ein mittelständiges Mittelecho an, das 74 mal mit einem konventionellen Echoencephalographiegerät der Fa. Siemens (System Krautkrämer, Typ WSM 1) bestätigt werden konnte. Bei 39 Verlagerungen stimmte die Kontrolle mit dem A-scan nur in 33 Fällen überein, wie aus Tab. 4. hervorgeht.

1. Serie	Midliner	A - scan - Kontrolle	
		richtig	falsch
Mittelständiges Mittelecho	77	74 (96,1%)	3 (3,9%)
Verlagertes Mittelecho	39	33 (84,6%)	6 (15,4%)
Nicht verwertbare Messungen	34 (22,7%)		
		107 (71,3%)	9 (6 %)

Tab. 4. A-scan - Kontrolle der Midliner - Untersuchungen bei der ersten Untersuchungsserie (150 Fälle)

Es ergaben sich 6 falsch positive und 3 falsch negative Ableitungen. Diese neun Fälle müssen natürlich zu den 34 nicht verwertbaren Messungen dazugezählt werden, so daß sich eine Übereinstimmung von 107 Fällen, bzw. 71,3 % ergibt.

4.3.1.2. Zweite Untersuchungsserie

Zwischen dem 12.11.1973 und dem 20.3.1974 wurden weitere 150 Patienten nach demselben Verfahren untersucht. Die Ergebnisse sind der Tab. 5. zu entnehmen.

2. Serie	Midliner	A-scan- Kontrolle	
		richtig	falsch
Mittelständiges Mittelecho	99	98 (98,9%)	1 (1,1%)
Verlagertes Mittelecho	41	40 (97,5%)	1 (2,5%)
Nicht verwertbare Messungen	10 (6,7%)		
		138 (92 %)	2 (1,3%)

Tab. 5. Vergleich von Midliner- und A-scan-Echoencephalographie bei der zweiten Untersuchungsserie (150 Fälle)

Mit steigender Fallzahl und zunehmender Übung des Untersuchers wurden bei der zweiten Untersuchungsserie bessere Resultate erzielt. So konnte die Übereinstimmung der Werte bei mittelständigem Mittelecho in der zweiten Serie auf 98,9 % und bei verlagertem Mittelecho auf 97,5 % erhöht werden.

2. Serie	Zahl	Midliner		nicht verwertbar	A-scan		Übereinstimmung
		mittel- ständig	verlagert		mittel- ständig	verlagert	
Tumoren und intracerebrale Prozesse	64	31	27	6	36	28	56 (87,5%)
Schädel-Hirn-Traumen	21	8	9	4	9	12	12 (80,9%)
Gefäßprozesse	11	6	5	0	6	5	11 (100 %)
Normalkontrollen	54	54	0	0	54	0	54 (100 %)
	150	99	41	10	105	45	138 (92 %)

Tab. 6. A-scan - Kontrolle der Midliner - Untersuchungen bei der zweiten Untersuchungsreihe

Weiterhin wurde die Zahl der Fehlmessungen und nicht interpretierbaren Histogramme von 43 bzw. 28,6 % in der ersten Serie auf 12 bzw. 8 % in der zweiten Serie gesenkt.

4.3.1 3. Gesamtwertung

Um die bei den ersten beiden Untersuchungsreihen erhaltenen Fallzahlen zu erhärten, wurden weitere 200 Untersuchungen durchgeführt. Das gesamte Krankengut wird in Tab. 7 und 8 zusammengefaßt.

Gesamt	Midliner	A-scan - Kontrolle	
		richtig	falsch
Mittelständiges Mittellecho	330	326 (98,8%)	4 (1,2%)
Verlagertes Mittellecho	115	107 (93 %)	8 (7 %)
Nicht verwertbare Messungen	55 (11%)	433 (86,6%)	12 (2,4%)

Tab. 7. A-scan - Kontrolle der Midliner - Untersuchungen bei der Gesamtstudie (500 Fälle)

Gesamtwertung	Zahl	Midliner			A-scan		Übereinstimmung
		mittel- ständig	verlagert	nicht verwertbar	mittel- ständig	verlagert	
Hirntumoren	216	104	79	33 (15,3%)	124	92	173 (80,1%)
Schädel-Hirn-Traumen	85	48	23	14 (16,4%)	53	32	69 (81,2%)
Gefäßprozesse	44	30	10	4 (9,1%)	32	12	40 (90,9%)
Intracranielle Prozesse anderer Genese	38	35	2	1 (0,6 %)	35	3	37 (97,4%)
Normalkontrollen	117	113	1	3 (2,6%)	116	1	114 (97,4%)
	500	330	115	55	360	140	433 (86,6%)

Tab. 8. Vergleich von Midliner- und A-scan-Echoencephalographie bei der Gesamtstudie (500 Fälle)

In 98,8% der Fälle wurde ein mittelständiges Mittelecho bei der Kontrolle mit dem A-scan - Echoencephalographen bestätigt, in der Gruppe der verlagerten Mittelechos lag diese Zahl bei nur 93 % . 11%, das sind 55 Fälle, waren nicht verwertbar. Eine Übereinstimmung konnte bei insgesamt 433 (entspricht 86,6%) Messungen mit beiden Geräten beobachtet werden.

Die höchste Korrelation wurde in der Gruppe der Normalkontrollen erzielt. Die Genauigkeit der Midliner - Methode betrug hierbei 97,4% und ist mit der von anderen Autoren ermittelten vergleichbar. So fand WHITE 1974 bei 2989 Patienten mit mittelständigem Ventrikelsystem eine Übereinstimmung von 99,8%. Da bei vielen Schädel - Hirnverletzungen kein verwertbares Histogramm erzielt werden konnte, wurde die Methode jedoch bei WHITE nur begrenzt eingesetzt.

4.3.2. Vergleich der Midliner - Untersuchungen mit neuroradiologischen Befunden

In 150 Fällen erfolgte in der Gesamtuntersuchungsserie eine Kontrolle mit neuroradiologischen Methoden, bzw. wurde das Ergebnis mit dem operativen- oder Sektionsbefund verglichen.

Histogramm	Fallzahl	Übereinstimmung	Abweichung
Mittelständige Mittellinie	58	55 (94,8%)	3 (5,2%)
Verlagerte Mittellinie	92	84 (91,3%)	8 (8,7%)
Gesamtzahl	150	139 (92,7%)	11 (7,3%)

Tab. 9. Kontrolle der Midliner - Untersuchungen durch neuroradiologische Methoden

Der Tab. 9 ist zu entnehmen, daß der Vergleich der Histogramme mit neuroradiologischen Methoden bei Patienten mit mittelständiger Mittellinie besser ausfiel, und eine Abweichung von nur 5,2% festgestellt werden konnte, während diese bei verlagertem Ventrikelsystem 8,7 betrug. Insgesamt lag die Fehlerrate bei 7,3 %.

5. FEHLERMOGLICHKEITEN

Der Arzt oder technische Assistent, der mit dem Midliner arbeitet, muß wissen, wie sehr er die Messungen mit dem Midliner als zuverlässig betrachten kann, und bei welchen Fällen das Ergebnis mit dem A-scan-Echoencephalographen oder mit anderen neurologischen Untersuchungsmethoden kontrolliert werden sollte. Deshalb sei im folgenden auf die Fehlermöglichkeiten hingewiesen.

Die Tatsache, daß bei der Auswertung der Histogramme sehr strenge Maßstäbe angelegt wurden, erklärt zum Teil den mit 13,4% hohen Prozentsatz von nicht verwertbaren Messungen (insgesamt 67 Fälle). Eine Übersicht ergibt Tab. 10.

Echo nur einseitig möglich	22
Keine Ableitung möglich	19
Technisch nicht verwertbar	14
Falsch positive Ableitung	8 (1,6%)
Falsch negative Ableitung	4 (0,8%)
	67 (13,4%)

Tab. 10. Analyse der nicht verwertbaren Histogramme und Fehlermessungen in 67 Fällen

Die Ursache der nur einseitigen Ableitungsmöglichkeit lag meistens darin, daß es nach einem Schädel-Hirn-Trauma zu einem subgalealen Hämatom oder postoperativ zu einer ödematösen Schwellung kam, so daß der Ultraschall reflektiert, bzw. absorbiert wurde. Ein Mittelecho konnte somit nicht zustande kommen. Zu dieser Gruppe gehören auch postoperative Nachkontrollen, wenn bei der Operation ein Knochendefekt belassen wurde. In diesen Fällen war dann von der Gegenseite kein Mittelecho zu ermitteln, und wenn sich nur von einer Seite her eine eindeutige Säule auf dem Histogramm ergab, so wurde diese Messung zu den nicht verwertbaren gezählt.

In 19 Fällen war keine Ableitung möglich, d.h. es wurden von beiden Seiten nur bis zu je 6 Werte gefunden, die jedoch breit gestreut waren. Hier handelte es sich vor allem um Patienten unter 10 und über 60 Jahren. Andere Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen, wie man einer an der Neurochirurgischen Universitätsklinik Berlin durchgeführten Untersuchungsserie entnehmen kann (GRUMME et al. 1974, KLINGER et al. 1975). Die prozentuale Verteilung der Fehlmessungen der Erlanger Serie in Beziehung zum Alter verdeutlicht Abb. 6.

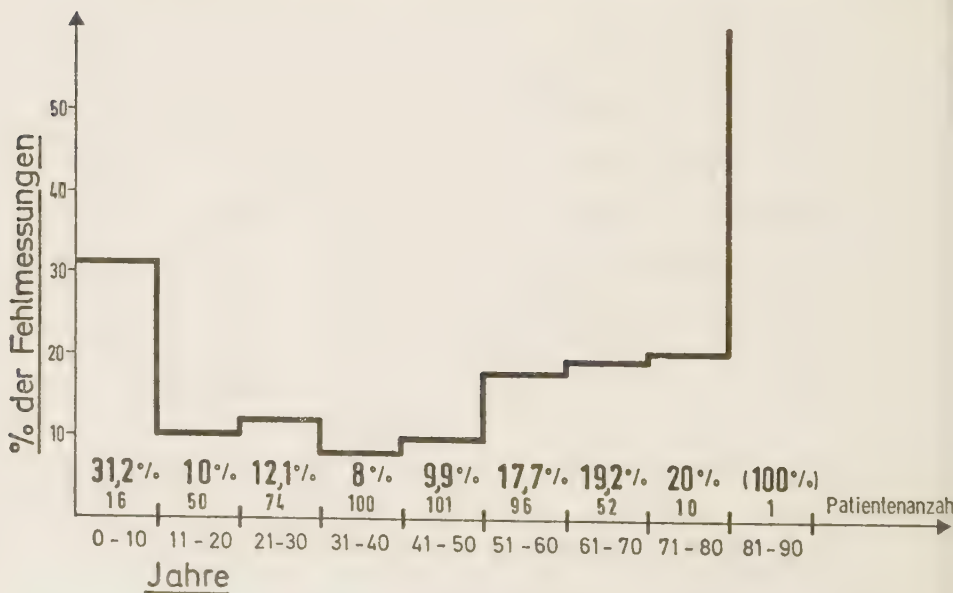


Abb. 6. Prozentuale Häufigkeit der Fehlmessungen in Bezug auf das Alter der Patienten bei dem eigenen Krankengut

Am zuverlässigsten waren die Ergebnisse in der Altersgruppe von 11 bis 50 Jahren, nur die 21- bis 50-jährigen liegen über 10%. Eine Erklärung hierfür liegt in der Zusammensetzung der Gruppe, da Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma in dieser Altersstufe am häufigsten angetroffen wurden. Weiterhin kann man sehen, daß die Fehlerrate mit zunehmendem Alter der Patienten ansteigt. Zum zweiten waren in dieser Gruppe Patienten zu finden, deren Schädelkalotte besonders dick war, wie man nach mißlungener Messung anhand von Schädelübersichtsaufnahmen klären konnte. Trotz Einstellen der höchsten Intensitätsstufe am Midliner kam es bei dicken Schädelknochen und einer im Alter zum Teil auch stärker pneumatisierten Temporalschuppe zu einer fehlerhaften Reflexion, bzw. Absorption des Ultraschalls, die keine Mittellinienbestimmung zuließen.

Unter den 14 Fällen der technisch nicht verwertbaren Messungen fanden sich Patienten, bei denen eine eindeutige Bestimmung des Mittelechos nicht möglich war, oder wo bei der Beschallung von einer Seite jeweils Doppelwerte auftraten, die symmetrisch auf der linken und rechten Seite der Digitalanzeige aufleuchteten. Die Ursache dafür, daß der Computer kein eindeutiges Mittelecho finden konnte, ist vielleicht darin zu suchen, daß im Mittellinienmeßbereich aufgrund von Mittellinienprozessen mehrere gleich hohe Einzelechos vorhanden waren, so daß keine Auswahl des höchsten Echos durch den Midliner erfolgen konnte. Oder es wurden mehrere Säulen gleicher Höhe auf dem Datenblatt sichtbar, die dem Untersucher eine Entscheidung unmöglich machten. Da die vermehrte Streuung der Werte jedoch eher bei Patienten mit einer intracraniellen Erkrankung auftritt als bei normalen intracraniellen Verhältnissen, kann das Nichtzustandekommen einer Ableitung als Hinweis für die Notwendigkeit weiterer Diagnostik gelten.

In 8 Fällen wurde vom Midliner eine Verlagerung angezeigt, die mit der A-scan-Methode nicht verifiziert werden konnte, also ein falsch-positiver Wert. Solche Messungen kamen bei Patienten mit einer Ventrikelerweiterung oder Mittellinienprozessen zustande, wobei der Midliner die Ventrikelwand oder z.B. die verkalkte Wand eines Kraniopharyngeoms als Mittelecho registrierte.

Wesentlich gefährlicher aber ist ein falsch-negativer Befund, d.h. ein mittelständiges Mittelecho im Histogramm bei tatsächlich

vorhandener Massenverschiebung. Der Prozentsatz solcher Versager lag allerdings nur bei 0,8%, also unter 1%. Der Grund dafür mag sein, daß eine Verkalkung von Prozessen im Mittellinienbereich so starke Reflexionen ergab, daß die tatsächlich verschobene Mittellinienstruktur nicht ermittelt werden konnte.

GALICICH und WILLIAMS (1971), wie auch WHITE (1971/72 und 1972/74) sehen in dem Midliner ein Gerät, das auch in der Hand von Ärzten, die keine Erfahrung mit der A-scan-Methode haben, oder medizinisch-technischem Personal eine zuverlässige Aussage über die Lage der Mittellinienstrukturen zuläßt. Daß aber gerade die Faktoren Übung und Erfahrung bei der Analyse der Meßergebnisse berücksichtigt werden müssen, zeigte sich in zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungsserien an der Neurochirurgischen Universitätsklinik Erlangen (vgl. Tab. 11.).

	Serie I 150 Fälle	Serie II 150 Fälle
Echo nur einseitig möglich (Trauma oder Schwellung der Gegenseite)	13	3
Keine Ableitung möglich (Schädeldicke, Alter)	11	5
Technisch nicht verwertbar (Doppelwerte, kein eindeutiges Mittelecho)	10	2
Falsch positive Ableitung ("verlagert" im Midliner bei tatsächlich mittelständigem Ventrikelsystem)	6	1
Falsch negative Ableitung ("mittelständig" im Midliner bei tatsächlich verlagertem Ventrikelsystem)	3	1
	43 = 28,6%	12 = 8%

Tab. 11. Ursachen der Fehlmessungen und nicht verwertbaren Histogramme in zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungsserien

Vergleicht man in diesen zwei Serien die Fehlmessungen, so sank die Gesamtfehlerquote von 28% in der ersten auf 8% in der zweiten Serie. Die Behauptung der raschen und leichten Erlernbarkeit der Midliner-Methode gegenüber dem A-scan ist also erheblich einzuschränken.

6. DISKUSSION

Die Notwendigkeit, nicht nur in neurologischen und neurochirurgischen Zentren schnell und sicher die Lage des Mittelechos bei Schädel-Hirn-Verletzten mit Hilfe von Ultraschall festzustellen, führten GALICICH und WILLIAMS (1971) zu der Entwicklung des ML-1 Midliners. Um eine schnelle und sichere Beurteilung des Mittelechos zu ermöglichen, ohne daß der betreffende Untersucher über eine spezielle Erfahrung verfügt, wie das bei der A-scan-Methode notwendig ist, sollten die nachfolgenden Bedingungen erfüllt werden.

- 1) Ersatz der subjektiven Entscheidung des Untersuchers bei der Auswahl des Mittelechos durch eine automatisierte Anzeige an dem Gerät.
- 2) Keine Ablenkung des Untersuchers durch Betrachtung eines Oszillographenschirmes, sondern völlige Konzentration auf die Lage des Prüfkopfes am Schädel.
- 3) Statistische Sicherheit durch mehrere Einzelmessungen.

Wie und mit welcher Zuverlässigkeit der Midliner diese Bedingungen erfüllt, war der Gegenstand einiger in der Literatur berichteter Untersuchungen.

So gibt WHITE 1972 bei einer Zahl von 1350 Fällen nur 3,4% nicht interpretierbare - bzw. Falschmessungen an, 1974 in einer Serie von 3333 sogar nur 3%, während bei der Erlanger Studie von 500 Fällen diese Zahl immerhin bei 13,4% lag. Andererseits muß aber berücksichtigt werden, daß von WHITE's 3333 Fällen nur 242, das sind 7,3% ein verlagertes Mittelecho aufwiesen, während diese Zahl in Erlangen 115 betrug, das sind 23%. Nach WHITE's eigener Angabe (1974) liegt aber die Anzahl der Fehlmessungen bei Patienten mit einer intracraniellen Erkrankung wesentlich höher als bei Normalpersonen. Die Tatsache, daß in der Erlanger Serie der Prozentsatz der Normalpersonen wesentlich geringer ist, nämlich 23,4% - im Gegensatz zu 91,1% bei WHITE - beeinflußt zweifellos auch die Fehlerrate, und gibt eine Erklärung für die verhältnismäßig hohe Gesamtfehlerquote von 13,4%. WHITE führt an, daß die Zeitdauer der Messung eine Rolle spielt, da er und seine Mitarbeiter bis zu 40 Minuten bei schwierigen Fällen für eine Untersuchung brauchen.

Da in Erlangen jedoch festgestellt wurde, daß nach einer 15 bis 20 Minuten dauernden erfolglosen Ableitungszeit auch keine besseren oder eindeutigeren Ergebnisse mehr erzielt werden konnten, dürfte dieser Gesichtspunkt unbegründet sein. Dieser Autor macht auch keine Angaben über die Alterszusammensetzung seines Krankengutes. Im Abschnitt Fehlermöglichkeiten wurde jedoch erwähnt, daß eine eindeutige Abhängigkeit der Fehlerquote vom Alter des Patienten besteht. An der Neurochirurgischen Universitätsklinik Berlin wurden 1974 von GRUMME et al. 249 klinisch und echoencephalographisch unauffällige Normalpersonen verschiedener Altersgruppen mit dem Midliner untersucht. Der Prozentsatz der Fehlmessungen unter Berücksichtigung der Alterszusammensetzung ist Abb.7 zu entnehmen.

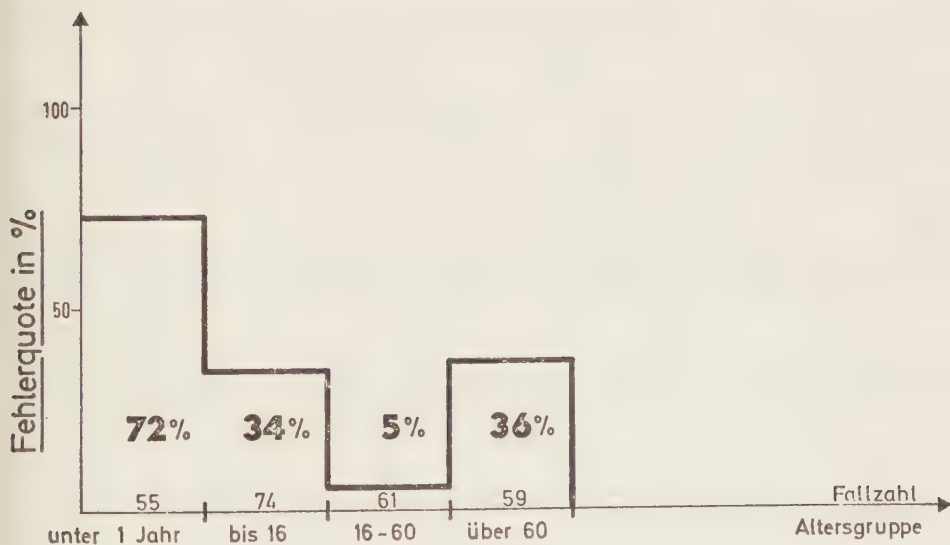


Abb. 7. Prozentuale Häufigkeit der Fehlmessungen in Bezug auf das Alter bei 249 Patienten einer Berliner Untersuchungsserie

Da es sich bei WHITE's Fällen um Patienten einer Neurologischen Klinik handelt, fallen wohl die meisten in die Altersgruppe 16 - 60 , in der von der Neurochirurgischen Universitätsklinik Berlin die geringste Fehlerquote festgestellt wurde. In Erlangen liegen dagegen 25,8% der Patienten außerhalb der Altersgruppe 20 - 60.

In Tab. 12 findet sich eine Gegenüberstellung der Resultate der Neurochirurgischen Universitätsklinik Erlangen und der von WHITE und HANNA 1974 veröffentlichten Werte bei einem Vergleich der Midliner-Ergebnisse mit neuroradiologischen Methoden.

Histogramm	Erlanger Serie 1974			White u. Hanna 1974		
	Fallzahl	Übereinstimmung	Abweichung	Fallzahl	Übereinstimmung	Abweichung
Mittelständige Mittellinie	58	55 (94,8%)	3 (5,2%)	474	468 (98,7%)	6 (1,3%)
Mittellinie verlagert	92 (61,3%)	84 (91,3%)	8 (8,7%)	99 (17,3%)	83 (83,8%)	16 (16,2%)
Gesamtzahl	150	139 (92,7%)	11 (7,3%)	573	551 (96,2%)	22 (3,8%)

Tab. 12. Kontrolle der Midliner - Untersuchungen durch neuroradiologische Methoden, Vergleich der Erlanger Ergebnisse mit denen aus Kingston

Bei den Erlanger Ergebnissen fällt auf, daß eine Übereinstimmung zwischen Histogramm und neuroradiologischem Befund in 3 von 58 Fällen bei mittelständiger Mittellinie nicht zustande kam. Prozentual liegt das Ergebnis von WHITE und HANNA mit 1,3 % wesentlich besser. Hingegen ergibt sich bei raumfordernden Prozessen eine erheblich bessere Übereinstimmung in der hier vorgelegten Serie, wo 91,3 % der im Histogramm beobachteten Verlagerungen durch neuroradiologische Methoden bestätigt werden konnten. Die Ergebnisse von WHITE und HANNA weisen bei verlagertem Histogramm dagegen eine Fehlerrate von 16 % auf. Die verhältnismäßig niedrige Fehlerquote der Gruppe aus Kingston muß darauf zurückgeführt werden, daß in dieser Serie eine sehr hohe Zahl von mittelständigen Mittelechowerten vorliegt.

	Anzahl der Fälle			Vergleich mit A-scan			A-scan-Kontrolle Erlanger Serie	
	Berlin	Erlangen	München	Gesamt	richtig	falsch	richtig	falsch
Mittelständiges Mittelecho	322	330	512	1164	1153 (99%)	11 (1%)	326 (98,8%)	4 (1,2%)
Verlagertes Mittelecho	118	115	214	447	413 (92,4%)	34 (7,6%)	107 (93%)	8 (7%)
Nicht verwertbar	189 (30%)	55 (11%)	104 (12,5%)	348 (17,8%)			55 (11%)	
Gesamtzahl	629	500	830	1959	1566 (79,9%)	45 (2,3%)	433 (86,6%)	12 (2,4%)

Tab. 13. A-scan-Kontrolle der Midliner-Untersuchungen bei 1959 Fällen an drei deutschen Universitätskliniken (aus KLINGER et al. 1975)

Um den Wert und die Zuverlässigkeit des Midliners besser zu beurteilen, war es naheliegend, eine größere Anzahl von Patienten an mehreren Krankenhäusern zu untersuchen. Völlig unabhängig voneinander wurden an den drei Neurochirurgischen Universitätskliniken Berlin, München und Erlangen die Ergebnisse der automatisierten Mittellinienbestimmung mit dem Midliner mit dem A-scan-Echoencephalographen verglichen (vgl. Tab.15).

Dabei ist darauf hinzuweisen, daß die Ergebnisse der Sattelstudie in der gleichen Größenordnung wie die der Erlanger Einzelstudie liegen, abgesehen von den nicht verwertbaren Histogrammen. Der hohe Prozentsatz von Fehlmessungen (17,8%) ist zum Teil auf die hohe Anzahl (25,1%) von technisch nicht verwertbaren Messungen in der Berliner Serie zurückzuführen, wie Tab.14. zeigt.

	Berlin	Erlangen	München	Gesamt
Falsch positiv Ableitung	15 (2,4%)	8 (1,6%)	10 (1,2%)	33 (1,7%)
Falsch negativ Ableitung	4 (0,6%)	4 (0,8%)	4 (0,5%)	12 (0,6%)
Technisch nicht verwertbar	145 (23,1%)	14 (2,8%)	48 (5,8%)	207 (10,6%)
Keine Ableitung möglich		19 (8,2%)	37 (6,7%)	142 (7,2%)
Echo nur einseitig möglich	44 (7%)	22	19	
	208 (33,1%)	67 (13,4%)	118 (14,2%)	393 (20,1%)

Tab. 14. Ursachen der Fehlmessungen und nicht verwertbaren Histogramme in 590 Fällen

Bei Berücksichtigung der in der Literatur angegebenen Werte zeigen besonders die deutschen Ergebnisse, daß die Zuverlässigkeit der Midliner - Methode unter der der A-scan-Echoencephalographie liegt. Obwohl bei mittelständigem Ventrikelsystem eine Übereinstimmung von 99 % praktisch an den Wert bei der A-scan-Technik herankommt (99,5 %), so spricht doch die hohe Rate der nicht verwertbarer Histogramme (17,8 %) gegen einen universellen Einsatz der Methode. Für ein rein neurochirurgisch ausgerichtetes Krankengut, wo viele raumfordernde Prozesse sowie Schädel-Hirn-Traumen zu erwarten sind, ist der Midliner nur begrenzt anwendbar, da die Gesamtzuverlässigkeit bei nur etwa 87 % liegt.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung des Gehirns mit Ultraschall hat sich als unentbehrlicher Teil der Diagnostik bei allen intracraniellen Prozessen bewährt. Sowohl als Erstuntersuchung als auch in der Akutsituation und bei Verlaufsbeobachtung erbringt sie wertvolle Hinweise. Da jedoch erst eine längere Übung mit dem Echoencephalographen erforderlich ist, ehe die Ergebnisse mit Sicherheit bewertet werden können, bestand der Bedarf für eine Standardisierung der Untersuchung, um den subjektiven Einfluß des Untersuchers auszuschalten. Der seit 1971 zur Verfügung stehende automatisierte Mittelliniencomputer (Midliner) stellt weniger Anforderungen an die Erfahrung des Untersuchers, wenngleich die Vielfalt der diagnostischen Möglichkeiten mit diesem Gerät nicht so breit gefächert ist.

Anhand von 500 eigenen Messungen wird geprüft, inwieweit die Resultate der Midliner-Untersuchung mit denen der A-scan-Methode und neuroradiologischen Untersuchungstechniken übereinstimmen, wobei verschiedene Diagnosen und Altersgruppen berücksichtigt werden. Vor- und Nachteile der Methode werden gegenübergestellt; weiterhin werden die Ergebnisse mit einer deutschen Sammelstudie sowie einer Großstudie an der Queens University in Kingston verglichen.

Der Midliner kann durchaus als Zusatzgerät in größeren Kliniken im diagnostischen Vorfeld Verwendung finden, wo auch andere Echoencephalographen zur Verfügung stehen. Als einziges Gerät stellt es insofern eine Beschränkung dar, da weder Ventrikeldurchmesser noch pathologische Grenzflächen wie z.B. Hämatome geortet werden können. Leider sind die Ergebnisse der Midliner-Untersuchungen bei Schädel-Hirn-Traumen so schlecht, daß der Einsatz in Unfallambulanzen und Kreiskrankenhäusern, die viele Schädel-Hirn-Verletzungen zuerst untersuchen und behandeln müssen, nicht angezeigt ist. Auch in der nervenärztlichen Praxis kann er nur zur Bestimmung der Mittellinie, bzw. zur Feststellung von Mittelechoverlagerungen verwendet werden.

8. LITERATURVERZEICHNIS

DUSSIK, K., T.

Über die Möglichkeit hochfrequente mechanische Schwingungen
als diagnostisches Hilfsmittel zu verwenden

Z. ges. Neurol. Psych., 174, (1942), 153 - 168

GALICICH, J., H., LAMBROSO, C. T. and D. D. MATSON

Ultrasonic B-scanning of the brain

J. Neurosurg., 22, (1965), 499 - 510

GALICICH, J., H. and J. B. WILLIAMS

A computerized echoencephalograph

J. Neurosurg., 35, (1971), 453 - 460

GRUMME, T., GRAEF, G., MEESE, W., GRAUTHOFF, H.-J., AMTENBRINK,
V. and G. FRÖMMEL

Experiences with the Echo-Midliner in children

Proceedings of the IV. Congress of the European Society for
Paediatric Neurosurgery

Edinburgh (1974)

GÜTTNER, W.

Die Energieverteilung im menschlichen Körper bei Ultraschall-
Einstrahlung

Acustica, 4, (1954), 547 - 554

KAZNER, E.

Echoencephalographie mit simultaner A- und B-Bilddarstellung

Acta radiol., 13, (1972)

KLINGER, M., AMTENBRINK, V., GRAEF, G., GRUMME, T., HARTMANN,
K.-H., HOPMANN, H., KAZNER, E., MEESE, W. und B. VOGEL

Möglichkeiten und Grenzen einer automatisierten Mittellinien-
bestimmung bei der Ultraschalluntersuchung des Schädels - Eine
Untersuchung von 1889 Fällen

J. Neurol., 208, (1975), 221 - 231

LEKSELL, L.

Echo-encephalography. I. Detection of intracranial complications following head injury

Acta chir. scand., 110, (1955/56), 301 - 315

SCHIEFER, W., KAZNER, E. und H. BRUCKNER

Die Echoencephalographie, ihre Anwendungsweise und klinische Ergebnisse

Fortschr. Neurol. Psychiat., 31, (1963), 457 - 491

SCHIEFER, W. und E. KAZNER

Methodik und diagnostische Möglichkeiten der Echoencephalographie

Fortschr. Med., 4, (1966), 151 - 154

SCHIEFER, W., KAZNER, E. and S. KUNZE

Clinical echo-encephalography

Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1968

SCHIEFER, W.

Echo-Encephalographie in der nervenärztlichen Praxis

Med. Welt, 25, (1974), 130 - 134

VLIEGER, DE M.

Two-dimensional echo-encephalography in the diagnosis of infantile hydrocephalus

Proceedings in echo-encephalography. Edited by E. KAZNER, W. SCHIEFER and K. J. ZÜLCH

Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1968

VLIEGER DE, M.

Ultraschalltomographie am geschlossenen Schädel

Schweiz. med. Wschr., 99, (1969), 998

WHITE, D., N. and A., C. HUDSON

The future of A-mode midline echoencephalography: The development of automated techniques

Neurology (Minneap.), 21, (1971), 140 - 153

WHITE, D., N.

Midline echoencephalography with the automatic midline computer -
a clinical evaluation

Comp. Biol. Med., 2, (1972), 275 - 284

WHITE, D., N. and L., F. HANNA

Automatic midline echoencephalography. Examination of 3333
consecutive cases in the automatic midline computer

Neurol., (1974), 80 - 93

Mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas gilt
an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. W. Schiefer.

Nicht weniger dankbar bin ich Frau Dr. med. M. Klinger,
die mir jederzeit beratend zur Seite stand.

LEBENS LAUF

Am 28.1.1950 wurde ich als zweites Kind des Oberingenieurs Karl Hartmann und seiner Ehefrau Ruth, geb. Oetken in Oberhausen geboren. Das Abitur legte ich im Juni 1969 am Gymnasium Fridericianum in Erlangen ab. Im November ließ ich mich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg für das Fach Humanmedizin immatrikulieren und absolvierte dort insgesamt 12 Semester.

Nach Ablegung der vorgeschriebenen ärztlichen Zwischenprüfungen bestand ich am 23. Juli 1975 das medizinische Staatsexamen vor dem Prüfungsausschuß zu Erlangen.

Meine Medizinalassistentenzeit absolvierte ich am Kreiskrankenhaus in Herford in den Fächern Chirurgie, Innere Medizin und Neurologie vom 1.11.1975 bis zum 31.10.1976.

Seit dem 1.11.1976 befinde ich mich in der Weiterbildung zum Facharzt an der Neurologischen Klinik des Kreiskrankenhauses Herford.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hög, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990